Résumé exécutif du rapport OPCC-CTP, 2018

OPCC

CTP
Communauté de Travail des Pyrénées
Comunidad de Trabajo de los Pirineos
Comunautat de Trabalh deths Pirenèus
Comunitat de Treball dels Pirineus
Pirinioetako Lan Elkartea

Le changement climatique dans les Pyrénées: impacts, vulnérabilités et adaptation

Base de connaissances pour la future Stratégie pyrénéenne d'adaptation au changement climatique



VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

Photo de couverture: © OPCC

Mentions légales
Le contenu de cette publication ne reflète pas nécessairement les opinions officielles de l'Observatoire des Pyrénées Changement Climatique ou autres institutions de l'Union Européenne. Ni l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique, ni aucune personne ni entreprise agissant pour le compte de l'OPCC n'est responsable de l'utilisation qui peut en être faite des informations contenues dans ce rapport.

Avis sur le droit d'auteur



Cette licence permet à d'autres personnes de mélanger, d'ajuster et de créer à partir de leur travail à des fins non commerciales. Bien que, dans leurs nouvelles créations, elles doivent reconnaître les droits d'auteur et ne peuvent pas être utilisées à des fins commerciales, elles ne doivent pas nécessairement être sous licence avec les mêmes conditions.

Téléchargez le rapport complet et le résumé exécutif en ES, FR, CAT ou EN sur le portail d'information de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique : https://opcc-ctp.org/

OPCC

Préface 5

1. Le contexte et les objectifs 6

2. La méthodologie 6

3. Le climat dans les Pyrénées 7

La variabilité climatique passée 7
Le climat actuel 7
Les projections du climat à venir 9

4. Les impacts du changement climatique sur les secteurs biophysiques et les recommandations 11

4.1 La biodiversité en montagne : la faune 11
4.2 La biodiversité en montagne : la flore 13
4.3 Les forêts 15
4.4 Les écosystèmes sensibles de haute montagne 17
4.5 Le cycle hydrologique et les ressources hydriques 19

5. Les impacts du changement climatique sur les secteurs socio-économiques 21

5.2 L'agropastoralisme de montagne 23
5.3 L'énergie 25
5.4 Les risques naturels 27

6. Les conclusions : les 10 enjeux du changement climatique dans les Pyrénées 29

1. Préparer la population à faire face aux phénomènes climatiques extrêmes 29
2. Augmenter la sécurité face aux risques naturels 29
3. Accompagner les acteurs du territoire pour affronter la pénurie d'eau et les sécheresses 29
4. Garantir la qualité des eaux superficielles et souterraines 29
5. Maintenir l'attrait touristique des Pyrénées 30
6. Faire face aux changements au niveau de la productivité et de la qualité des cultures et saisir les opportunités émergentes 30
7. Prévoir des changements irréversibles du paysage 30
8. Envisager l'éventuelle perte de biodiversité et les modifications des écosystèmes 30
9. S'adapter aux déséquilibres entre l'offre et la demande énergétique 31
10. Faire face à la plus grande propagation de maladies, de vermines et d'espèces envahissantes 31

Impact sur le changement climatique dans les pyrénées

Depuis son lancement en 2010 sous la présidence de la région Midi-Pyrénées, l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC) de la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP) analyse la vulnérabilité au changement climatique de la région pyrénéenne au niveau social, économique et naturel, à travers des méthodologies coopératives transfrontalières. En 2018, conformément à la ligne de travail de l'Observatoire, la CTP a préparé un rapport de mise à jour de la connaissance sur les impacts du changement climatique dans le territoire pyrénéen.Ce rapport contient la base scientifique sur les impacts du changement climatique et son impact sur le territoire, ainsi qu'un recueil de recommandations sectorielles d'adaptation.Cet état des lieux est essentiel pour orienter plus efficacement les politiques d'adaptation au changement climatique, profiter des opportunités émergentes et maximiser les synergies positives avec les autres politiques sectorielles.Sa valeur ajoutée réside, sans aucun doute, dans l'esprit de coopération qui a marqué à la fois sa conception et son réalisation. Environ 100 scientifiques et experts de référence des deux côtés des Pyrénées ont collaboré à sa rédaction ainsi qu'aux différents processus de révision, garantissant un large consensus scientifique.Il est nécessaire de souligner que sans la longue trajectoire de coopération, de mise en réseau et de projection internationale avec des organisations telles que la Convention des Alpes, la Convention des Carpates ou l'Agence Européenne de l'Environnement, il serait impossible de créer des documents de référence tels que ce rapport.La vision de ce rapport est celle de l'Observatoire, qui considère les Pyrénées comme une "biorégion" sans prendre en compte les frontières administratives et dont les systèmes socio-économiques et biophysiques présentent une vulnérabilité particulière au changement climatique.Les preuves scientifiques rassemblées dans ce rapport montrent, comme d'autres études l'ont déjà signalé dans d'autres territoires, que les zones de montagne connaissent des augmentations de température plus élevées que les plaines et les impacts du changement climatique y sont donc plus intenses. En particulier, pour les Pyrénées, des impacts sont déjà observés dans tous les secteurs naturels et socio-économiques, tels que la disparition accélérée d'écosystèmes sensibles et d'éléments iconographiques comme les glaciers; l'altération du cycle de vie de nombreuses espèces, parmi lesquelles des espèces endémiques; l'incidence du changement climatique sur les risques naturels, sur les activités liées au tourisme, sur l'agriculture ou d'autres impacts observés dans le cycle hydrologique. Le changement climatique se positionne comme un facteur de stress supplémentaire qui aggrave les problèmes déjà connus sur le territoire pyrénéen, tels que le dépeuplement, les changements d'affectation des sols ou l'absence de changement de génération dans le secteur primaire.Le CTP considère la lutte contre le changement climatique et l'adaptation à ses impacts comme un instrument transversal offrant une multitude d'opportunités pour relever les défis des Pyrénées, qui sont aussi des défis mondiaux. De cette manière la CTP contribue à la réalisation de l'objectif 13 - Action pour le climat - de l'agenda de développement durable à l'horizon 2030 des Nations Unies.



D. Francisco Javier Lambán Montañés
Presidente de la CTP

1. Le contexte et les objectifs

L'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique (OPCC) est l'initiative de coopération transfrontalière de la Communauté de Travail des Pyrénées (CTP) en matière de changement climatique et d'adaptation. L'Observatoire a pour objectif de mieux comprendre le phénomène du changement climatique et d'effectuer le suivi de ses impacts sur le territoire vis-à-vis du réchauffement planétaire. Dans ce but, l'Observatoire coordonne des études et dresse des rapports revêtant un caractère scientifique et technique à partir desquels il est possible d'identifier des actions d'adaptation. Dans certains cas, il s'agit d'actions visant à limiter les impacts négatifs du changement climatique et, dans d'autres, il s'agit de saisir les opportunités qui se présentent.

Tel que le reconnaît la Stratégie européenne d'adaptation au changement climatique de la Commission européenne (2013), il est indispensable de compter sur une base scientifique solide pour concevoir et mettre en œuvre les mesures d'adaptation les plus appropriées. C'est pour cette raison que, depuis son lancement en 2010, l'OPCC a élaboré différents rapports et études en matière d'adaptation au changement climatique dans les Pyrénées. Toutefois, la communauté scientifique révèle chaque jour de nouveaux éléments et affine les méthodologies d'étude qui offrent une information précieuse et qu'il est nécessaire d'incorporer aux bases de connaissances pour faciliter ainsi la prise de décisions en matière d'adaptation. Cette nouvelle publication, qui apporte de la valeur ajoutée aux rapports antérieurs, a été élaborée dans le cadre du projet OPCC2. À cette occasion, les efforts ont été principalement déployés afin de garantir la participation d'une grande partie de la communauté scientifique des Pyrénées, ainsi que d'utiliser un langage consensuel de la part des parties auteurs.

Les objectifs du présent rapport sont les suivants :

- Mettre à jour les bases de connaissances scientifiques en matière d'impacts et de vulnérabilité du territoire des Pyrénées face au changement climatique, dans les principaux secteurs biophysiques et socio-économiques.
- S'entendre, d'un point de vue scientifique sur les principaux enjeux que les Pyrénées doivent relever en matière de changement climatique.
- Proposer des recommandations sectorielles pour l'adaptation au changement climatique dans un contexte de réchauffement planétaire.

Le rapport vise à être un document de référence pour la communauté scientifique, les preneurs de décisions techniques et politiques, le secteur des entreprises et, en général, pour la société dans son ensemble, des Pyrénées comme à l'extérieur. Pour obtenir des informations complémentaires, veuillez voir le rapport complet.

2. La méthodologie

Le « Rapport sur le changement climatique dans les Pyrénées : impacts, vulnérabilité et adaptation » a été rédigé de manière collaborative entre plus de 80 personnes expertes en matière de changement climatiqueIl est divisé en 3 chapitres qui abordent les sujets suivants :

- La variabilité climatique passée, actuelle et projetée dans les Pyrénées.
- Les impacts observés et prévus dans les secteurs biophysiques.
- Les impacts observés et prévus dans les secteurs socio-économiques clés.

En tant que chef de file du projet OPCC2, la Communauté de Travail des Pyrénées s'est chargée de la coordination du rapport. Les partenaires du projet OPCC2 ont coordonné et rédigé une partie des chapitres thématiques.Les contenus ont été rédigés à partir d'une méta-analyse exhaustive des ouvrages scientifiques les plus récents en la matière.Les chapitres ont été complétés au moyen de contributions et de révisions de personnes expertes externes à l'OPCC2, qui ont participé volontairement au processus de révisions successives auquel le rapport a été soumis. Le rapport a également été complété au moyen des communications scientifiques sélectionnées lors du 2e Colloque international sur le thème du changement climatique dans les zones de montagne, PYRADAPT 2017, organisé par le projet OPCC2 et qui a eu lieu les 7 et 8 novembre 2017 à Biarritz.

3. Le climat dans les Pyrénées

La variabilité climatique passée

Pour comprendre le changement climatique actuel et le replacer dans un contexte mondial, il est indispensable de connaître l'évolution du climat passée. Les interactions entre l'atmosphère, l'hydrosphère et la cryosphère se produisent à des échelles de temps plus grandes que celles des mesures effectuées par les instruments de mesure. Grâce à l'étude des dépôts glaciaires, fluviaux et lacustres, entre autres, les principaux changements climatiques survenus par le passé ont pu être reconstruits.

Durant le Quaternaire (les derniers 2,6 millions d'années), la succession de périodes glaciaires et interglaciaires a modelé le paysage des Pyrénées et a déterminé l'évolution de leurs écosystèmes et, plus récemment, des communautés humaines. Bien que la succession de ces périodes froides et chaudes soit synchronisée à l'échelle de la planète, l'extension la plus importante des glaciers pyrénéens s'est produite il y a 60 000 ans et non pas il y a 20 000 ans comme dans le reste de l'Europe, avec de légères variations entre les vallées. Cette particularité est due à la position méridionale des glaciers pyrénéens et à l'interaction entre les phénomènes atmosphériques et océaniques de l'Atlantique nord et les phénomènes subtropicaux.

Durant la dernière déglaciation, les changements au niveau des températures moyennes ont atteint jusqu'à 6 ºC, avec des périodes de changement climatique rapide de plus de 1 ºC en quelques décennies. Durant l'Holocène (les 11 700 dernières années) les changements de température ont été moins importants. Toutefois, de nombreuses périodes humides / sèches ont été enregistrées. Au cours du dernier millénaire, une période particulièrement sèche et chaude (Anomalie climatique médiévale, 900 - 1 300 EC), qui pourrait être considérée comme la période ayant le plus de similitudes avec la période actuelle en termes de changement climatique, s'est produite.Cette période a fait place au Petit Âge glaciaire, dernière période froide (1 300 - 1 850 EC) avant le réchauffement planétaire que nous vivons actuellement. La variabilité climatique durant les derniers 2 000 ans est principalement contrôlée par les interactions entre les phénomènes atmosphériques (NAO, Oscillation Nord-atlantique et EA, Est-atlantique, Oscillation de l'Atlantique oriental et SCAN, Oscillation de la Scandinavie), les changements dans les courants océaniques, l'insolation et le volcanisme. Ces interactions peuvent expliquer en outre les gradients régionaux et temporaires d'humidité et de température.

Le taux d'augmentation des températures durant le réchauffement planétaire du XX^{e} siècle est supérieur à celui des transitions glacières / interglacières et aux changements vécus durant l'Holocène. Autrement dit, la Terre n'a jamais connu de changements climatiques aussi rapides que ceux d'aujourd'hui.



Entre 1949 et 2010, les températures moyennes dans les Pyrénées ont clairement augmenté, bien que le réchauffement n'ait été ni constant, ni régulier. Les anomalies négatives ont prédominé jusqu'en 1980, avec une tendance à la baisse des températures. À partir des années 1980, cette tendance s'est inversée, avec des anomalies positives systématiquement ascendantes, jusqu'à nos jours. La tendance de l'indicateur d'augmentation des températures moyennes annuelles pour l'ensemble de la période analysée est positive et importante d'un point de vue statistique, sa valeur étant de l'ordre de 0,2 ºC par décennie (figure 1). Cette augmentation des températures au cours des 50 dernières années (1949-2010) a été générale dans tout le massif des Pyrénées, avec de faibles différences entre le versant nord et le versant sud, et plus marquée durant la saison estivale (juin, juillet et août).

Sur toute la série, l'année la plus chaude a été 1997, avec des températures moyennes dépassant de 1,5 °C la valeur moyenne de la période 1961-1990, suivie des années 2003 et 2006. Par contre, 1972 a été l'année la plus froide, se trouvant à 0,8 ºC en dessous de la moyenne de référence, suivie des années 1963 et 1980.



En ce qui concerne les précipitations, on observe une tendance à la baisse des volumes annuels, en raison surtout de la diminution des précipitations durant l'hiver et l'été. L'indicateur climatique pour les précipitations montre une tendance à la baisse des précipitations de l'ordre de 2,5 % par décennie au cours des 50 dernières années (selon les données recueillies au cours de la période 1949-2010).

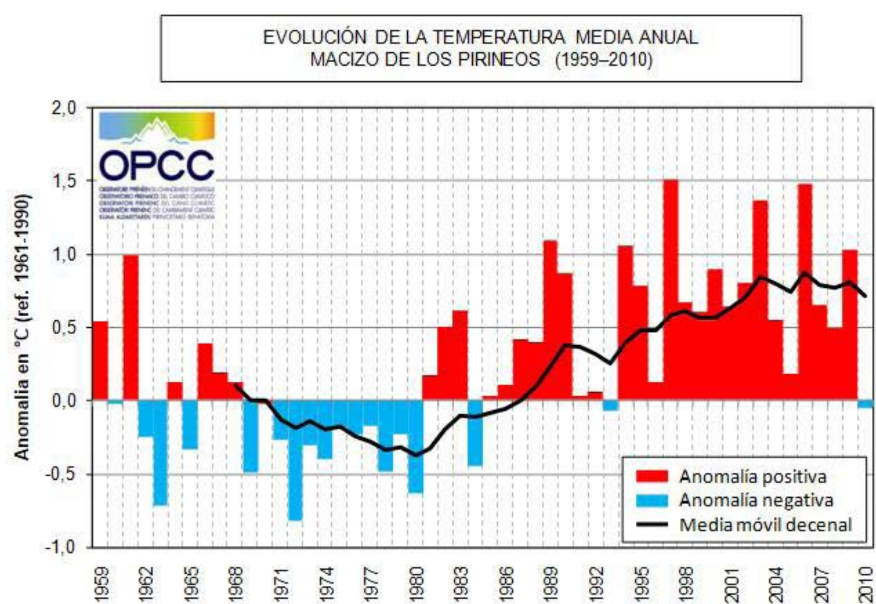


Figure 1. Évolution des températures moyennes annuelles dans l'ensemble des Pyrénées durant la période 1959-2010. L'anomalie annuelle par rapport à la valeur moyenne de la période de référence 1961-1990 (en rouge, positive ; en bleue, négative) est indiquée, ainsi que l'évolution de la moyenne mobile sur une période de 10 ans (ligne noire). Source : Projet OPCC1

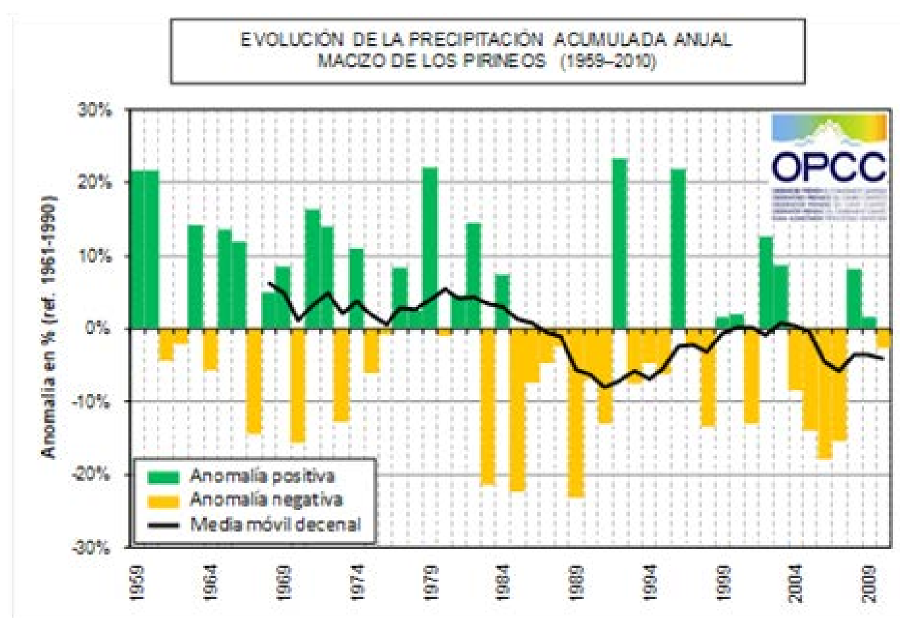


Figure 2. Évolution des précipitations annuelles dans l'ensemble des Pyrénées durant la période 1959-2010. L'anomalie annuelle par rapport à la valeur moyenne de la période de référence 1961-1990 (en vert, si elle est positive ; en jaune, si elle est négative) est indiquée, ainsi que l'évolution de la moyenne mobile sur une période de 10 ans (ligne noire). Source : Projet OPCC1

La valeur de cette tendance présente une grande variabilité d'année en année, voire entre décennies. En général, au cours des dernières décennies, les années sèches ont prédominé, avec des quantités annuelles de précipitations bien inférieures à la moyenne de la période de référence, mais avec une intermittence de certaines années très pluvieuses, avec des précipitations, quant à elles, supérieures à la moyenne de la période. En ce qui concerne les différences territoriales, la baisse des précipitations annuelles a été plus importante sur le versant sud que sur le versant nord, bien que les contrastes ne soient pas importants. Bien que la tendance à la baisse des précipitations ne présente pas un comportement saisonnier évident, ni significatif au niveau statistique, elle est cependant légèrement plus marquée en hiver et en été.



L'analyse de l'évolution du manteau neigeux au cours de la dernière moitié du siècle dernier est complexe, étant donné qu'il n'existe pas de série temporelle de données historiques suffisamment continue et solide. Cela est dû au fait que l'installation et la maintenance des instruments de mesure nécessaires deviennent de plus en plus complexes au fur et à mesure que l'on prend de l'altitude. Néanmoins, et à partir des séries de données provenant du réseau de balises du versant sud, une baisse significative d'un point de vue statistique du manteau neigeux a été identifiée dans ce secteur, de 1950 à nos jours (Figure 3).

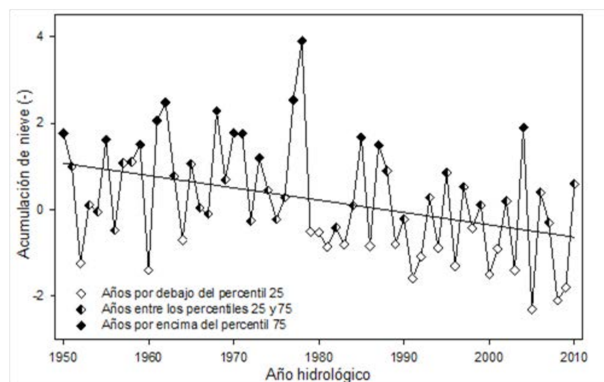


Figure 3. Évolution du manteau neigeux au cours du mois d'avril, entre 1949 et 2010, simulée à partir de la relation entre les températures et les précipitations hivernales et l'accumulation de neige dans un réseau de balises du versant sud des Pyrénées. Source : Projet OPCC1

Les projections du climat à venir

Malgré les incertitudes liées aux scénarii socio-économiques à venir et les limitations des modèles numériques utilisés pour obtenir les projections climatiques, les principaux modèles climatiques coïncident avec une intensification du réchauffement planétaire au cours des prochaines décennies et plus particulièrement dans les zones de montagne. Cela pourrait entraîner une intensification de la variabilité du climat et des tendances identifiées jusqu'à présent au niveau de l'évolution des principales variables climatiques. Si ces projections se confirment, elles pourraient avoir d'importants effets sur les caractéristiques climatiques, hydrologiques, environnementales et paysagères de la bio-région pyrénéenne.

Une première évaluation probabiliste de prédiction météorologique à venir a été effectuée à partir des résultats préliminaires des projections climatiques réalisées dans le cadre du projet CLIMPY (à partir des données d'un ensemble de modèles climatiques mondiaux et de combinaisons de modèles climatiques régionaux) et en prenant en compte les quatre scénarii d'émissions globales (RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0, RCP8.5; RCP, à partir de leurs sigles anglais «*Representative Concentration Pathways* «, sachant que le RCP2.6 est le scénario le plus optimiste et que le RCP8.5 est le plus pessimiste). Ladite évaluation est résumée ci-après :

- Selon les projections réalisées, une augmentation significative des températures maximales et minimales quotidiennes est attendue au fil du XXIe siècle, selon les trois scénarii émissifs analysés (RCP4.5, RCP6.0 et RCP8.5) (figure 4), durant toutes les saisons de l'année et dans toute la zone des Pyrénées. Cette augmentation serait plus rapide pour le scénario RCP8.5, compte tenu d'un scénario émissif plus intense. Les incertitudes liées aux scénarii RCP et aux modèles climatiques mondiaux augmentent au fil du siècle.
- Pour l'horizon 2030, le changement de la valeur moyenne des températures maximales par rapport à la période de référence (1961-1990) pourrait se situer, en moyenne pour toute la zone des Pyrénées, entre 1 °C et 2,7 °C pour le scénario RCP8.5. Des augmentations semblables ou légèrement inférieures sont obtenues pour les températures minimales (entre 0,9 °C et 2,2 °C pour le scénario RCP8.5).
- Pour l'horizon 2050, le réchauffement sera un peu plus important. Pour les températures maximales, les fourchettes oscilleront entre 2,0 °C et 4,0 °C et 1,4 °C et 3,3 °C pour les scénarii RCP8.5 et 4.5 respectivement, tandis que les fourchettes oscilleront entre 1,7 °C et 3,3 °C et 1,2 °C et 2,8 °C pour les températures minimales.

● En fin de siècle, les intervalles de valeurs s'élargissent davantage, tout comme l'amplitude des changements. De même, la séparation entre les évolutions associées aux RCP est plus évidente. Pour les températures maximales et pour le RCP8.5, en moyenne, l'augmentation annuelle oscillerait entre 4,3 ºC et 7,1 ºC, tandis que pour le RCP4.5, il varierait entre 1,9 ºC et 4,2 ºC. Pour les températures minimales, les intervalles correspondants se situeraient entre 3,6 ºC et 6,0 ºC, dans le premier cas, et entre 1,6 ºC et 3,5 ºC dans le deuxième.

● Quant à l'évolution des précipitations à venir, il n'y a pas de changements significatifs au cours du XXIe siècle, ceux-ci n'ayant que peu d'influence sur leur évolution, au moins en ce qui concerne les valeurs moyennes (figure 5). Le nombre de modèles qui indiquent des augmentations dans les précipitations moyennes est semblable au nombre de modèles qui indiquent une baisse de celles-ci. Les incertitudes augmentent au fur et à mesure que nous nous approchons de la fin du siècle, surtout dans le cas du scénario RCP 8.5.

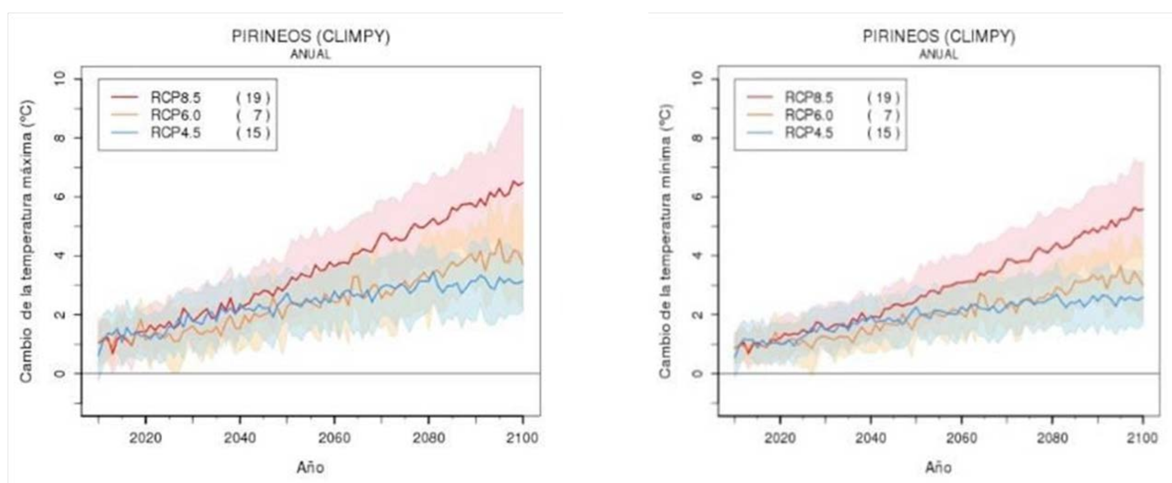
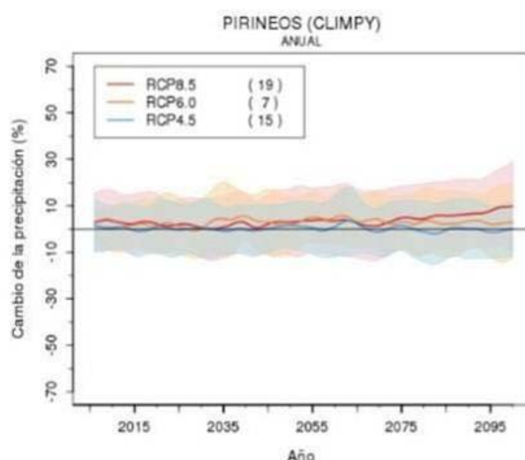


Figure 4. Évolution de l'anomalie moyenne annuelle des températures maximales (gauche) et des températures minimales (droite) en utilisant différents scénarios de RCP. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de simulations climatiques prises en compte pour chaque RCP. Source : Projet CLIMPY



Les premiers résultats du projet CLIMPY relatifs à l'évolution de l'épaisseur moyenne de la neige dans les Pyrénées indiquent une baisse significative de l'épaisseur de la neige malgré la forte variabilité interannuelle. Ainsi, dans les Pyrénées centrales, à une altitude de 1 800 m, l'épaisseur moyenne de la neige pourrait diminuer de moitié d'ici 2050 selon la référence actuelle, tandis que la période de permanence de la neige au sol réduirait de plus d'un mois.

Figure 5. Évolution de l'anomalie moyenne des précipitations en utilisant différents scénarios de RCP. Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de simulations climatiques considérées pour chaque RCP. Source : Projet CLIMPY

4. Les impacts du changement climatique sur les secteurs biophysiques et les recommandations

4.1 La biodiversité en montagne : la faune



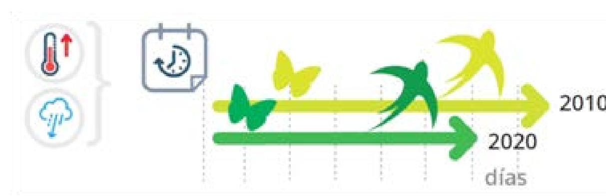
Marmotte des Pyrénées dans la station de ski de Panticosa. Source: Etienne Valois

Le réchauffement planétaire pourrait induire des changements au niveau de la productivité et de l'abondance des espèces de haute montagne.

Les changements au niveau des températures et les phénomènes climatiques extrêmes influent sur les espèces de montagne les plus sensibles. Tandis que certaines espèces sont capables de s'adapter, d'autres peuvent souffrir des altérations au niveau de leur état de santé avec des effets négatifs sur leur productivité et aussi sur leur abondance, par conséquent.

- Certaines espèces d'oiseaux de haute montagne, comme le lagopède alpin, sont en train de voir leur état physiologique et leur abondance altérés à cause du changement climatique.
- Les amphibiens font partie des groupes de vertébrés les plus vulnérables au changement climatique. Des diminutions considérables des populations de calotritons des Pyrénées ont été constatées. Elles coïncident avec les années de phénomènes climatiques extrêmes, tels que les crues et les sécheresses.

Le changement climatique pourrait provoquer des altérations au niveau du cycle de vie des différentes espèces et des interactions entre elles.



D'importants événements dans la vie des animaux, tels que la reproduction, la ponte, la migration et l'hibernation sont en train de modifier leur calendrier à cause de l'augmentation des températures.

- Les oiseaux migrateurs ont avancé leur date d'arrivée de 0,16 jour par an en moyenne depuis 1959.
- Certains changements dans le cycle de vie des oiseaux semblent être liés aux vagues de chaleur, aux sécheresses et aux précipitations intenses.

- Au cours des dernières décennies, les premières observations de nombreuses espèces de papillons ont été enregistrées en avance. L'augmentation des températures semble en être la raison principale.

La faune répond souvent au réchauffement planétaire en modifiant sa répartition.

De nombreuses espèces répondent au changement climatique en se déplaçant vers des zones plus élevées, en quête des conditions climatiques appropriées pour leur développement. Ces déplacements peuvent avoir des répercussions très négatives sur les espèces qui se trouvent en marge de leur zone de répartition actuelle, comme c'est le cas de nombreuses espèces de montagne.

- Il a été estimé que, au cours de ces dernières années, les espèces européennes se sont déplacées de 11 m en moyenne par décennie vers les altitudes supérieures à cause du réchauffement planétaire.
- Les déplacements ascendants sont limités par la propre limite physique des montagnes. Néanmoins, ils sont également limités par la fragmentation de l'habitat et les changements au niveau de l'utilisation des sols.
- Certaines espèces pourraient se retrouver progressivement isolées dans les petites zones restantes d'habitat approprié, ce qui augmenterait leur vulnérabilité, voire leur risque d'extinction, en raison de la pénurie d'aliments et de la baisse croissante de la variabilité génétique de leurs populations.

L'effet combiné des impacts du changement climatique peut avoir des incidences négatives sur le fonctionnement des écosystèmes.

Les espèces de montagne répondent souvent de manière très différente à l'action combinée des impacts du changement climatique. Cela peut provoquer la perte de synchronie entre certaines espèces qui dépendent les unes des autres, comme les plantes et les insectes pollinisateurs, ou les prédateurs et leurs proies. Si ces interactions essentielles entre les espèces sont modifiées, cela peut provoquer des altérations importantes au niveau de certains processus fondamentaux pour la santé des écosystèmes de montagne.

- Le changement climatique pourrait avoir des effets négatifs sur la capacité des insectes pollinisateurs à polliniser les plantes, ayant de graves répercussions sur les écosystèmes.
- L'effet de la désynchronisation est en train d'affecter les oiseaux migrateurs, comme le coucou, ainsi que de nombreuses espèces de papillon, entre autres.

Le changement climatique pourrait augmenter le risque de propagation de certaines espèces exotiques et d'autres espèces nocives déjà présentes



Le changement climatique pourrait augmenter le risque d'invasions et d'établissement d'espèces exotiques dans les Pyrénées, en facilitant leur transport et leur implantation ultérieure grâce à l'établissement de conditions climatiques favorables. D'autre part, la prolifération de certaines espèces de vermine peut se voir favorisée par les hivers plus doux.

- Les espèces exotiques s'adaptent mieux aux variations climatiques rapides par rapport à la plupart des espèces autochtones..
- Le déplacement des espèces autochtones vers les montagnes les plus élevées à cause du changement climatique diminue souvent la concurrence, donnant un certain avantage aux espèces nouvellement arrivées.
- Certaines espèces de vermine comme le processionnaire du pin sont déjà en train de proliférer davantage et sont en train d'atteindre une plus grande altitude en raison du changement climatique.

Le mouvement d'animaux et de plantes en quête de conditions climatiques appropriées pourrait avoir une influence sur la connectivité des espaces naturels pyrénéens.

Certaines zones protégées, qui étaient jusqu'à présent interconnectées à travers les corridors naturels ou artificiels, seront vraisemblablement isolées pour certaines espèces qui ne toléreront pas les nouvelles conditions climatiques des corridors.

- Les effets du changement climatique sur l'interconnectivité pourraient être particulièrement visibles dans les espaces protégés dans lesquels sont présentes des espèces endémiques ayant une faible capacité de dispersion ou très spécialisées.
- Le déplacement d'animaux et de plantes en quête de conditions climatiques idéales peut entraîner leur déplacement vers des zones situées en dehors des zones actuellement délimitées comme protégées, entraînant ainsi l'augmentation de leur vulnérabilité face à de nombreuses menaces.

RECOMMANDATIONS:

Certaines zones protégées, qui étaient jusqu'à présent interconnectées à travers les corridors naturels ou artificiels, seront vraisemblablement isolées pour certaines espèces qui ne toléreront pas les nouvelles conditions climatiques des corridors.

● Les effets du changement climatique sur l'interconnectivité pourraient être particulièrement visibles dans les espaces protégés dans lesquels sont présentes des espèces endémiques ayant une faible capacité de dispersion ou très spécialisées.

● Promouvoir l'intégration des considérations sur l'adaptation au changement climatique dans les actuels plans, programmes et autres outils de planification et de protection de la biodiversité dans les Pyrénées.
● Limiter la fragmentation des habitats et garantir, dans la mesure du possible, la connectivité écologique progressive des zones protégées des Pyrénées.
● Promouvoir des études qui combinent les facteurs climatiques et les risques anthropiques..

4.2 La biodiversité en montagne : la flore



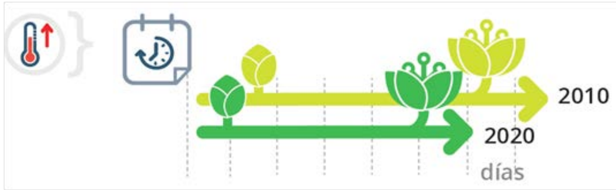
Androsace ciliata DC., plante endémique des Pyrénées. Source : CBNPMP/C. Bergès

Le réchauffement planétaire altère la croissance et provoque des changements au niveau de la productivité de nombreuses espèces de flore.

Les changements au niveau des différents paramètres climatiques et l'augmentation de la concentration atmosphérique de CO2, influent sur la photosynthèse et ont des effets sur la croissance et le développement de toute la végétation.

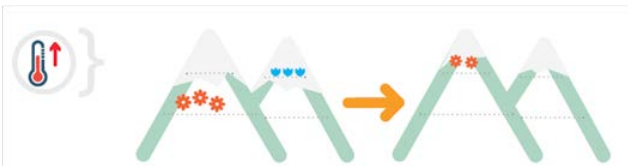
● La réponse des plantes de montagne aux conditions extrêmes peut les faire déboucher sur des situations critiques, si ces conditions s'accentuent à cause du changement climatique et si, en plus, de nouvelles espèces plus compétitives arrivent.
● Paradoxalement, la couverture neigeuse moindre, provoquée par le changement climatique, réduit l'effet isolant durant l'hiver, soumettant la flore des sommets aux températures extrêmes.

Le changement climatique provoque des changements au niveau du cycle de vie de nombreuses plantes de haute montagne.



Le changement climatique est en train de provoquer des changements au niveau des différentes étapes de la vie des plantes, comme l'avancement de l'apparition des premiers bourgeons au printemps ou la plus grande durée de la période de croissance.

L'action combinée du changement climatique et de l'activité humaine est capable d'altérer la répartition et la composition de la flore ainsi que la diversité de la végétation en haute montagne.



Selon des études réalisées dans d'autres montagnes, l'effet combiné du changement climatique et de l'action de l'homme est en train de provoquer des changements au niveau de la répartition des différentes espèces, en altérant la composition caractéristique des communautés de montagne, en diminuant leur diversité et en favorisant l'accélération du processus de thermophilisation.

- Une tendance générale vers l'augmentation du nombre d'espèces ayant besoin de chaleur a été détectée, au détriment du nombre d'espèces ayant besoin de conditions plus froides (phénomène appelé la thermophilisation).

- Dans les zones les plus élevées, habitées par des espèces spécialistes et adaptées au froid, les changements de répartition pourraient déboucher sur leur extinction locale en raison de la disparition progressive des conditions appropriées pour leur développement.

La somme des facteurs climatiques et anthropiques pourrait entraîner des modifications de la flore pyrénéenne, au point de mettre en danger sa capacité de fournir d'importants biens et services.

L'altération de la composition, du cycle de vie et de la répartition de la flore, en combinaison avec les changements d'utilisation des sols et d'autres facteurs de stress d'origine humaine, peuvent entraîner des altérations au niveau des écosystèmes qui mettraient en danger des services écosystémiques fondamentaux comme la préservation d'espèces et d'écosystèmes sensibles, le maintien de la continuité écologique, les valeurs éducatives et scientifiques de la flore typique de montagne ou encore l'attrait touristique du territoire.

RECOMMANDATIONS:

- Reconsidérer les objectifs de gestion, compte tenu des nouveaux enjeux climatiques, mais avec la difficulté du manque de certitude vis-à-vis des scénarii (en particulier concernant les précipitations), d'un point de vue pan-pyrénéen.
- Réduire à l'échelle locale les pressions d'origine humaine qui pourraient limiter la capacité de la biodiversité à s'adapter au changement climatique et mondial (fragmentation des écosystèmes, introduction d'espèces, pollution génétique…).
- Reconnaître et améliorer les fonctions des espaces protégés pyrénéens et la continuité entre eux.
- Préserver les zones identifiées en tant que « refuges », en faisant particulièrement attention aux zones où se développent les populations d'espèces rares ou menacées, ainsi que les zones les moins susceptibles d'être touchées par le changement climatique.
- Renforcer les dispositifs de surveillance existants (financement à long terme) et en mettre en place de nouveaux (évolution de la diversité génétique).

4.3 Les forêts



Forêt pyrénéenne. Source: Forespir

Le réchauffement planétaire et les changements au niveau de l'utilisation des sols sont en train de modifier la diversité et la répartition de nombreuses communautés végétales et d'espèces forestières des Pyrénées.



La combinaison du changement climatique et de l'abandon progressif de l'agropastoralisme de montagne est en train d'altérer la composition et la structure des forêts pyrénéennes. Néanmoins, il existe une forte variabilité spatiale et temporelle dans ces processus et les changements ne suivent pas toujours les schémas établis.

- Au cours des 50 dernières années, un déplacement total en hauteur de la limite de la forêt de 35 mètres, soit un peu plus de cinquante centimètres par an, a été observé sur le versant sud des Pyrénées.
- L'effet combiné de l'abandon progressif de l'activité agropastorale de montagne et des impacts du changement climatique est en train d'entraîner la recolonisation des zones de pâturage abandonnées par le couvert forestier.

Le changement climatique peut avoir des effets sur la productivité des forêts et sur leur capacité à fixer le CO2 dans l'atmosphère par le biais de la photosynthèse.



L'augmentation des températures moyennes combinée avec la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère entraînent un effet fertilisant sur les arbres. La productivité des forêts pourrait augmenter dans les zones des Pyrénées où la disponibilité de l'eau serait suffisante, en conséquence du changement climatique. Cependant, il est probable que la plupart des vagues de chaleur et des sécheresses prévues pour les prochaines décennies limitent la disponibilité de l'eau dans les sols, réduisant ainsi la productivité comme l'état de santé de nombreuses forêts pyrénéennes. L'augmentation des phénomènes extrêmes (tempêtes, incendies, vermines) aura aussi un impact sur la capacité des forêts à capturer du CO_2.

● Si l'état de santé des forêts empire, leur capacité de croissance le fera également, et, par conséquent, leur capacité à capturer du CO2 dans l'atmosphère et à contribuer à l'atténuation du changement climatique.
● La gestion des forêts et le secteur du bois jouent un rôle important dans l'atténuation des effets du changement climatique, en accompagnant les forêts dans leur processus d'adaptation et continu d'accumulation de CO2 dans les écosystèmes forestiers.

L'altération des conditions de santé des forêts et le potentiel déséquilibre au sein des communautés d'agents pathogènes.

Les phénomènes climatiques extrêmes, tels que la sécheresse, les très fortes pluies et les vagues de chaleur, entre autres, ont une influence sur l'état de santé des forêts. Il faut ajouter à cela l'effet d'agents pathogènes sur ces couverts forestiers, compte tenu du fait que de nouvelles invasions d'espèces exotiques sont en train d'arriver et devraient arriver.

● Au cours des 20 dernières années, une augmentation de la perte de feuilles et de la mortalité des branches sur la partie supérieure des cimes des arbres des Pyrénées a été détectée.
● Une plus grande incidence de vermines a aussi été observée dans les forêts, coïncidant avec les années marquées par des sécheresses, des vagues de chaleur et des précipitations extrêmes.
● Avec l'arrivée de vermines exotiques, la possibilité d'apparition de nouvelles maladies et altérations de la santé des forêts pyrénéennes est prévue.

Le changement climatique pourrait avoir une influence sur la capacité des forêts à nous protéger de certains risques naturels typiques des zones de montagne.

Les forêts dans les zones de montagne jouent un rôle fondamental en matière de protection de la population et des infrastructures face aux risques naturels, comme les crues, les éboulements ou les avalanches, entre autres. Ce rôle pourrait être affecté par les impacts du changement climatique sur les couverts forestiers.

● Les changements au niveau de la composition et de la structure des forêts entraînés par le changement climatique, influent sur la capacité de ceux-ci à réduire l'impact de phénomènes naturels.
● Les sécheresses et les vagues de chaleur, combinées avec la propagation de certaines vermines forestières peuvent avoir une influence sur l'état de santé des forêts, en réduisant leur capacité à nous protéger face aux risques naturels accentués par le changement climatique.

Le changement climatique pourrait augmenter le nombre et l'intensité des incendies de forêt dans les Pyrénées.

L'augmentation des températures et, surtout, la durée plus longue et l'intensité plus forte des périodes de sécheresse pourraient entraîner un risque accru de déclenchement de grands incendies dans les Pyrénées.

● Le plus grand nombre d'années avec une fréquence élevée de vagues de chaleur et de sécheresses pourrait augmenter la fréquence des années avec un risque d'incendies élevé, surtout en été et en automne.
● Étant donné qu'il y aura plus de combustible disponible (plus de bois sec), les incendies pourraient être plus intenses.

RECOMMANDATIONS:

● Améliorer les connaissances à l'échelle pyrénéenne des effets et des impacts du changement climatique sur les forêts (en particulier les plus vulnérables à moyen et à court terme) et les processus d'adaptation (naturels ou anthropiques).
● Maintenir et développer des activités agricoles, pastorales et sylvicoles dans les zones de montagne, car elles garantissent une gestion durable de ces moyens ayant de multiples effets positifs : la diminution du volume et de la continuité des combustibles, une mosaïque d'habitats plus résilients dans leur ensemble, la limitation des risques et l'augmentation de la résilience des forêts en cas d'accidents de santé ou climatiques.
● Favoriser la transmission des connaissances et des progrès techniques et scientifiques au public non spécialiste.

4.4 Les écosystèmes sensibles de haute ontagne



Lac de Acherito. Source: Jon Larrañaga

Les impacts prévus sur les lacs et les tourbières des Pyrénées en raison de la variabilité climatique se superposent à ceux causés par les activités anthropiques (dépôt de métaux lourds, introduction de poissons, augmentation de l'apport de nutriments et de sédiments, utilisations hydroélectriques et pâturage).

Les sécheresses et le changement des précipitations pourraient provoquer des altérations au niveau du cycle hydrologique, en modifiant la quantité d'eau disponible dans les lacs de haute montagne.



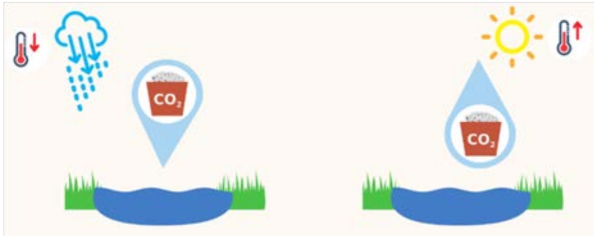
La plus grande fréquence et la plus forte intensité des sécheresses, combinées à la modification de la répartition des précipitations, pourraient diminuer considérablement la disponibilité de l'eau dans les petits lacs de montagne d'origine glaciaire des Pyrénées durant certaines saisons de l'année (en particulier durant l'été et l'automne).

Les changements au niveau du régime hydraulique, combinés avec l'augmentation des températures peuvent modifier les conditions physiques et chimiques des lacs, ce qui auraient des conséquences négatives sur les communautés végétales et animales.

L'augmentation des températures provoque le réchauffement direct de l'eau des lacs et réduit la durée de la couverture de glace et du manteau neigeux qui les entourent.

- Nous pouvons nous attendre à ce que les lacs profonds réagissent plus lentement aux changements physiques, chimiques et biologiques, compte tenu de leur plus grande taille et inertie thermique (ils se réchauffent et se refroidissent plus lentement que les lacs moins profonds).
- L'augmentation des températures peut affecter le régime thermique et la dynamique des lacs, ainsi qu'altérer la composition chimique des eaux (hausse de l'alcalinité), augmenter la concentration de nutriments et influer sur l'abondance de certaines communautés de flore et de faune typiques de ces environnements, souvent uniques.

Les effets du changement climatique pourraient accélérer le processus de dégradation des tourbières pyrénéennes, ainsi que réduire leur superficie inondée.



La hausse de la variabilité des précipitations en haute montagne pourrait augmenter la fréquence et l'intensité des sécheresses et des inondations, avec d'éventuels changements dans les zones inondées des tourbières.

- Une augmentation des pluies torrentielles pourrait influer sur une augmentation du taux d'érosion des tourbières, phénomène qui pourrait être amplifié par le drainage de celles-ci et l'effet du surpâturage localisé dans les zones adjacentes aux petits lacs de montagne d'origine glaciaire des Pyrénées.

Le changement climatique pourrait inverser le rôle actuel des tourbières en tant que puits de carbone, en en faisant des émetteurs de CO2, au lieu de capteurs.

L'augmentation des températures et la réduction de leur superficie inondée pourraient accélérer le processus de décomposition de la tourbe, en augmentant, en conséquence, les émissions de CH4 et de CO2, principaux gaz responsables du réchauffement planétaire.

- Cela supposerait que, au lieu de constituer des écosystèmes faisant office de « puits » de CO2, comme c'est le cas actuellement, elles pourraient inverser cet important service écosystémique et devenir des « émetteurs » de CO2.

RECOMMANDATIONS:

- Il est important de poursuivre l'analyse des récentes tendances et des changements à venir dans les lacs et les tourbières de haute montagne depuis une perspective comprenant les facteurs climatiques comme les facteurs anthropiques, à l'échelle mondiale (dépôt de nutriments, pollution) comme locale (effets du tourisme spécifique de chaque zone).
- Établir et maintenir des réseaux d'observation et de suivi détaillé de ces écosystèmes et promouvoir en leur sein des projets comptant sur la participation de tous les agents du territoire.
- Promouvoir l'écotourisme ayant l'impact minimal sur les espaces protégés et la maximale inclusion des citoyens dans leur conservation.
- Proposer des mesures d'incitations aux entreprises de tourisme de montagne afin que celles-ci respectent les objectifs de conservation durable et de manipulation de ces écosystèmes.

4.5 Le cycle hydrologique et les ressources hydriques



Réservoir de Bubal. Source: Etienne Valois

Le changement climatique pourrait provoquer des changements au niveau des cours d'eau et des lacs des Pyrénées et, plus particulièrement, au niveau de l'apport annuel des cours d'eau.



Le changement climatique a généré des changements au niveau des apports moyens annuels de nombreux cours d'eau des Pyrénées lors de ces dernières décennies. Néanmoins, ces changements sont attribués aussi bien à des causes climatiques qu'à des changements dans l'utilisation des sols et du couvert végétal. Il est donc compliqué de quantifier l'influence de chaque facteur séparément.

- Dans le bassin de l'Èbre, des diminutions significatives du débit annuel ont été détectées sur plus de 50 % des stations de mesure étudiées au cours de la période 1950-2010.

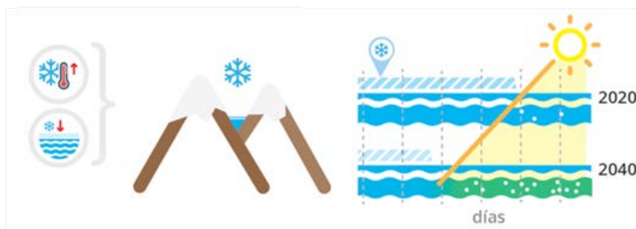
Le réchauffement planétaire pourrait également être en train de générer des changements au niveau du régime mensuel des cours d'eau.

- La diminution de l'accumulation de neige hivernale à cause des températures plus élevées et du nombre inférieur de précipitations sous forme de neige, est en train de provoquer une augmentation des débits durant l'hiver.
- Par contre, la plus grande fréquence et la plus forte intensité des sécheresses sont en train d'entraîner la diminution des débits des cours d'eau en été et en automne.
- L'accumulation de la neige au-dessous de 1 500 m d'altitude pourrait diminuer de 78 % au cours du dernier quart du XXIe siècle.

Le changement climatique pourrait aussi avoir une incidence sur la qualité et la quantité des eaux souterraines.

- Les nappes superficielles et peu profondes sont particulièrement sensibles aux changements au niveau des conditions climatiques.
- Il est prévisible que les changements au niveau du bilan hydrique susmentionnés influent aussi sur la recharge et la décharge des nappes, pouvant entraîner une pénurie d'eau dans les zones n'ayant pas une capacité de stockage suffisante.
- La recharge des nappes pourrait diminuer à hauteur de 20 % dans certaines zones du massif au milieu du siècle. Cela pourrait entraîner une réduction du débit de nombreuses sources.

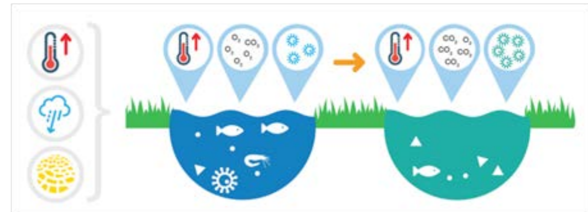
L'augmentation des températures et les changements au niveau du cycle de l'eau induits par le changement climatique peuvent altérer les caractéristiques physiques et chimiques des eaux des Pyrénées, ayant ainsi une influence sur leur qualité.



Les sécheresses et les périodes d'étiage plus longues ont un effet direct sur la composition chimique des eaux. En effet, comme la quantité d'eau diminue, la concentration en polluants augmente, entraînant une diminution de la qualité des eaux. D'autre part, la plus grande fréquence et la plus forte intensité des inondations et des crues pourraient déboucher sur une augmentation des apports en nutriments et en substances polluantes d'origine humaine dans les cours d'eau. Ce lien étroit entre qualité (chimique et écologique) et le débit a été pleinement reconnu et intégré dans la Directive-cadre européenne sur l'eau.

- La combinaison entre des débits faibles et la présence de substances toxiques qui touchent les communautés biologiques aquatiques est en train de provoquer des problèmes structurels et fonctionnels au sein des écosystèmes fluviaux.

Les divers impacts du changement climatique sur les masses d'eau peuvent entraîner de graves effets sur la composition biologique des masses d'eau.



Au fur et à mesure que les fleuves, les rivières et les ruisseaux deviennent plus chauds, les poissons d'eau chaude délogent les poissons d'eau plus froide de leur habitat.

- Le changement climatique a entraîné une redistribution généralisée de différentes espèces des eaux continentales vers des altitudes plus élevées.
- Il est aussi en train d'affecter les communautés d'algues et, en général, la productivité des eaux à cause de la plus forte concentration en nutriments, des températures plus élevées et un plus grand nombre d'heures d'ensoleillement dans le cas des lacs de haute montagne.

RECOMMANDATIONS:

- Pour aborder les enjeux du changement climatique relatifs aux ressources hydriques, il est nécessaire d'adopter une vision intégratrice de la gestion du territoire, qui reconsidère la répartition territoriale de l'utilisation de l'eau.
- Quant aux lacunes en matière de connaissances, il sera nécessaire de réorienter les études sur l'impact du changement climatique sur le cycle hydrologique des Pyrénées afin qu'elles prennent en considération le massif dans sa totalité, en intégrant les deux versants d'une même unité.
- Il est également nécessaire de promouvoir le développement et le maintien de réseaux de suivi du changement climatique, en incluant des indicateurs qui facilitent le suivi et la caractérisation de l'impact du changement climatique sur le bilan hydrologique.

5. Les impacts du changement climatique sur les secteurs socio-économiques



Ski de fond dans les Pyrénées aragonaises. Source: Mikel Ortega

5.1 Le tourisme

Le changement climatique et ses effets sur la durée du manteau neigeux pourraient déboucher sur la réduction de l'attrait touristique hivernal de certaines stations de ski situées dans les Pyrénées.



Au cours de ces dernières décennies, le nombre de jours skiables (jours avec une accumulation de neige de 30 cm, suffisante pour pouvoir skier en toute normalité dans les stations de ski) a diminué. En outre, la ligne d'accumulation de la neige a également atteint progressivement les altitudes supérieures. Outre le fait de mettre en danger la rentabilité financière des stations de ski, la production de neige artificielle à grande échelle en tant que mesure d'adaptation comporte une série d'externalités environnementales qui doivent aussi être prises en compte, plus particulièrement dans un scénario à venir de plus grand manque de ressources hydriques.

- Entre 1960 et 2010, le nombre de jours par an avec une épaisseur de manteau neigeux inférieure à 30 cm a considérablement augmenté dans toutes les stations de ski et à toutes les altitudes, mais plus particulièrement dans les stations de basse altitude (entre 5 et 70 % dans les stations de basse altitude et entre 4 et 20 % dans les stations d'altitude moyenne).
- De même, la date de commencement de la saison de ski a peu à peu reculé (compte tenu de la disponibilité en neige naturelle), avec des retards compris entre 5 et 55 jours dans les stations de basse altitude et entre 5 et 30 jours dans les stations d'altitude moyenne.

Le changement climatique pourrait avoir des effets irréversibles sur certains éléments iconographiques du paysage pyrénéen.



Le changement climatique peut entraîner d'importants changements sur le paysage, découlant de l'accélération du processus de dégradation de certains éléments iconographiques du paysage de haute montagne, comme les tourbières, les glaciers et les petits lacs de montagne d'origine glaciaire des Pyrénées, entre autres.

- Les changements au niveau de la composition et de la répartition de la flore et de la faune des écosystèmes de haute montagne pourraient contribuer à la réduction de l'attrait visuel de certains paysages typiques des Pyrénées.
- Entre 1984 et 2016, plus de la moitié des glaciers pyrénéens comptabilisés en 1984 ont disparu et ceux qui sont encore là ont vu leur masse et leur superficie diminuer considérablement sous l'effet d'un recul accéléré.

L'influence du changement climatique sur les principaux risques naturels peut affecter plus particulièrement l'intégrité des infrastructures touristiques et la sécurité des touristes.

L'influence du changement climatique sur les risques hydrologiques, géologiques et les risques découlant des phénomènes climatiques extrêmes constitue un élément d'instabilité capable de générer des dommages importants aux infrastructures liées au secteur du tourisme.

- Les inondations soudaines ou les crues provoquées par la plus grande fréquence de précipitations intenses et les éboulements et les glissements de terrain liés à l'augmentation des cycles de gel et de dégel pourraient être les éléments les plus critiques pour le secteur.

Le réchauffement progressif, et plus particulièrement les températures plus douces en automne et au printemps, pourraient entraîner un prolongement de la saison du tourisme de montagne dans les Pyrénées.



L'allongement de la saison estivale et une tendance à des températures plus douces au printemps et en automne, combinés à l'augmentation des températures minimales, pourraient entraîner une augmentation du choix des destinations touristiques de montagne au détriment d'autres destinations moins agréables en raison des températures élevées.

RECOMMANDATIONS:

- Réadapter les modèles de développement touristique pour promouvoir la résilience du secteur face à la probable diminution du nombre de jours skiables et la plus grande pression environnementale de leur activité, tout en développant les opportunités émergentes pour le tourisme de nature et de montagne (concept de stations de montagne).
- Réduire la vulnérabilité des infrastructures touristiques à la possible hausse de phénomènes hydrologiques, géologiques et climatiques extrêmes, et garantir l'intégrité physique des touristes.
- Promouvoir une gestion équilibrée des ressources hydriques au sein du secteur du tourisme, en faisant particulièrement attention aux bassins alimentés par l'eau de pluie.
- Garantir l'intégrité physique des personnes face aux risques hydrométéorologiques et climatiques qui pourraient être aggravés par le changement climatique (crues, vagues de chaleur, détérioration de la qualité de l'air, de l'eau et dégradation du pergélisol).

5.2 L'agropastoralisme de montagne



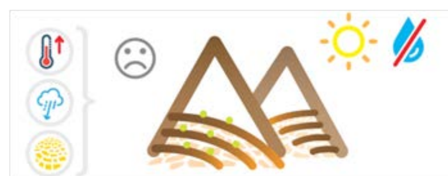
"Couleurs d'été" en Andorre. Source: Soraya Cristina Ortega

Le changement climatique peut avoir des impacts positifs comme négatifs sur le secteur agricole des Pyrénées.

La diminution des jours avec des gelées et l'augmentation des températures moyennes pourraient favoriser la pousse de certaines cultures méditerranéennes. Par contre, les cultures non irriguées pourraient être touchées de manière négative par la moindre disponibilité de l'eau.

- Il a été estimé que le nombre de jours avec des gelées dans les Pyrénées a diminué de 0,3 jour par décennie durant la période comprise entre 1985 et 2014.
- Des cultures telles que la vigne ou l'olivier pourraient bénéficier du réchauffement planétaire dans les zones de montagne.
- Les phénomènes météorologiques extrêmes, de plus en plus fréquents, tels que les gelées tardives, les vagues de chaleur et les sécheresses, pourraient contrecarrer une partie de ces effets positifs.

Il est très probable que la moindre disponibilité de l'eau, les modifications du calendrier des cultures et l'augmentation du risque de dommages découlant de phénomènes météorologiques extrêmes entraînent, dans leur ensemble, la baisse de la productivité des cultures.



- Le changement climatique a été considéré comme l'un des principaux facteurs associés à la stagnation du rendement des cultures de céréales, malgré les développements technologiques continus.
- La floraison du blé a avancé en moyenne de 0,3 jour par an entre 1985 et 2014.
- À cause des vagues de chaleur estivales des années 2003 et 2010, on estime qu'il y a eu environ 20 % supplémentaires de pertes par rapport à la moyenne des autres années.

Le changement climatique pourra favoriser la propagation de certaines vermines et de maladies des cultures.

La plus grande vulnérabilité aux maladies, causée par les conditions de stress climatique, peut favoriser une variation dans les schémas de distribution et de diffusion des vermines et des maladies des cultures actuelles, ainsi qu'augmenter le risque de propagation de nouvelles maladies.

- Les nouvelles conditions climatiques pourraient créer des zones idéales d'un point de vue climatique pour la propagation de nouvelles vermines introduites au préalable depuis les zones plus chaudes.
- Les phénomènes climatiques extrêmes provoquent un état de stress aux cultures, en augmentant ainsi leur sensibilité à l'attaque de vermines et aux maladies.

Les nouvelles conditions climatiques peuvent voir une influence sur la productivité et la qualité des pâturages.

À condition que les sécheresses en été et en automne ne soient pas sévères, l'augmentation des températures et la concentration plus élevée de CO_2 dans l'atmosphère peuvent avoir un effet fertilisant sur les pâturages de haute montagne, en augmentant ainsi leur productivité. Néanmoins, ce phénomène pourrait affecter la composition du fourrage et, par conséquent, sa qualité en tant qu'aliment pour le bétail.

- Il a été prouvé que, après des sécheresses très intenses durant la saison estivale, il est très difficile de récupérer les nouvelles pousses des pâturages en automne.
- La hausse des concentrations de CO_2 dans l'atmosphère a des effets négatifs sur les pâturages, en altérant leur composition. De même, les sécheresses et les vagues de chaleur ont des effets négatifs sur les pâturages, étant donné qu'elles les rendent moins appétissants et digestibles pour le bétail.

Une autre conséquence du changement climatique sur les pâturages comprend l'altération de la composition floristique des communautés des pâturages et de la diversité de leurs espèces.

- Le changement climatique est en train de favoriser la propagation de certaines espèces herbacées et d'arbustes qui sont très compétitives et déplacent les autres espèces, en provoquant une perte de diversité floristique.
- Le changement climatique est en train d'agir en synergie avec l'actuelle tendance de dégradation des agro-écosystèmes et l'abandon progressif de l'agropastoralisme de haute montagne dans de nombreuses zones des Pyrénées.

L'augmentation des températures moyennes et les vagues de chaleur influent directement sur l'état de santé et le bien-être des animaux.



Les températures élevées affectent les animaux en réduisant l'ingestion d'aliments, en altérant leur état de nutrition et leur efficacité de production. Cela pourrait avoir une influence sur la performance économique de certaines exploitations d'élevage intensif de moyenne montagne.

- Il est fort probable que, à l'avenir, les situations de stress thermique pour l'élevage soient également plus fréquentes et intenses dans les Pyrénées.

Les nouvelles conditions climatiques pourraient augmenter la propagation et la prévalence de maladies du bétail.

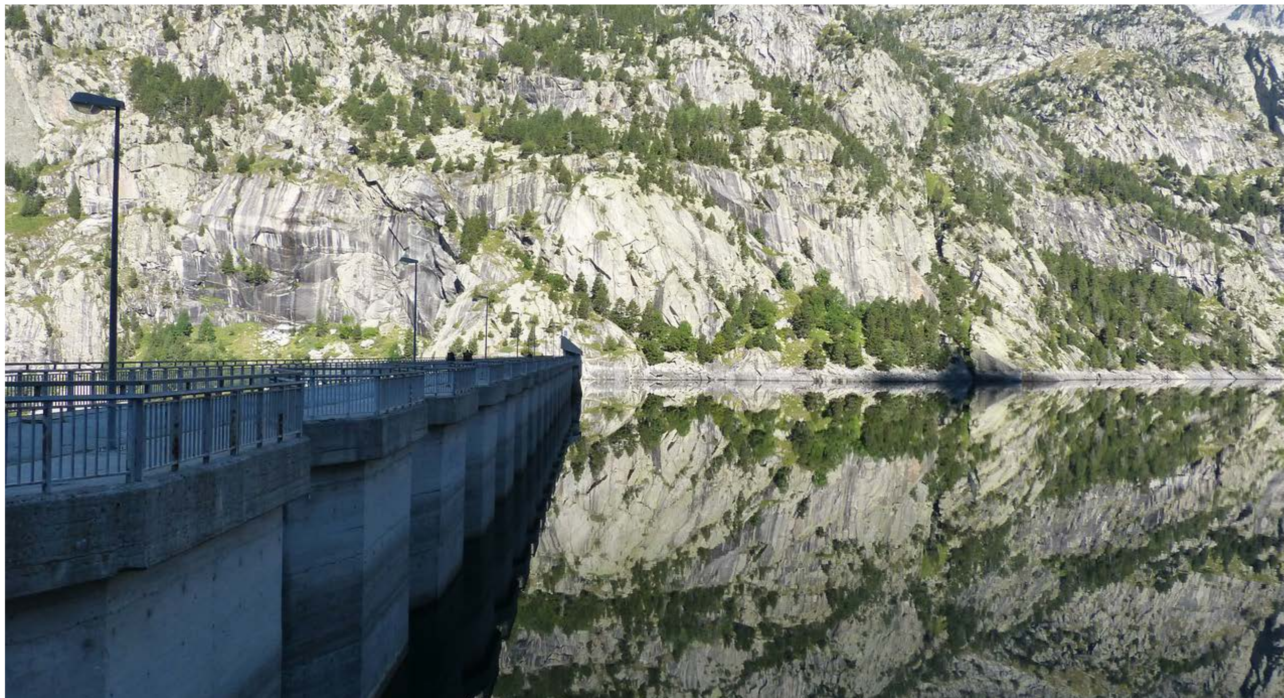
Le changement climatique, combiné avec la plus grande mobilité des biens et des personnes, est le principal facteur impliqué dans la majeure apparition et propagation de maladies du bétail et de leurs vecteurs de propagation.

- Les maladies d'origine tropicale, comme la langue bleue, se sont progressivement propagées sur le versant nord au cours de ces dernières années, en partie à cause du changement climatique.

RECOMMANDATIONS:

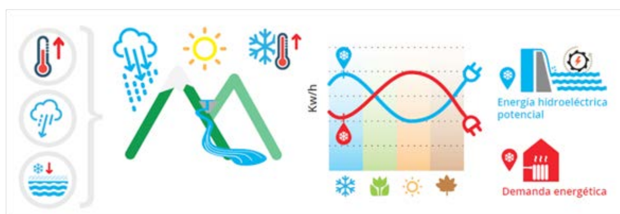
- Réduire les incertitudes concernant les plus grands risques, les potentiels effets négatifs et les pressions à venir sur les écosystèmes agropastoraux des Pyrénées.
- Augmenter la résilience des systèmes agropastoraux de montagne face aux pressions exercées par le changement climatique.
- Promouvoir des mesures de gestion du secteur qui garantissent une utilisation durable des ressources en eau dans le cadre d'une gestion intégrée.
- Développer les systèmes de surveillance d'organismes pathogènes et de maladies émergeant du bétail et des cultures.
- Limiter l'abandon du secteur et encourager sa diversification et sa modernisation compte tenu des enjeux du changement climatique et planétaire.

5.3 L'énergie



Barrage Estany De Cavallers, Pyrénées

L'impact du changement climatique sur le cycle hydrologique peut affecter la capacité des centrales hydrauliques à produire de l'énergie durant certaines périodes de l'année.



La modification des précipitations et du calendrier du dégel influe sur la capacité d'accumulation des barrages destinés à la production d'énergie hydraulique.

● Les sécheresses des années 2003, 2005, 2007 et 2012 ont provoqué de considérables diminutions de la production d'énergie hydraulique, dans le bassin de l'Èbre comme dans celui de la Haute-Garonne.

● La fonte de la neige, à cause des températures élevées, fait avancer le pic printanier du débit des cours d'eau pyrénéens. Cette situation a parfois pour conséquence que la capacité d'accumulation de nombreux barrages durant les époques de pluie soit saturée.

La production d'énergie solaire pourrait être favorisée à l'avenir par une hausse du taux d'irradiation solaire dans tout le massif des Pyrénées.

Les changements prévus au niveau de la nébulosité et de la teneur en vapeur d'eau de l'atmosphère, causés par le changement climatique, pourraient entraîner une hausse du rayonnement solaire total, avec des effets positifs sur la production d'énergie d'origine solaire.

● La capacité de production d'énergie photovoltaïque potentielle pourrait augmenter de 10 % au milieu du siècle, par rapport à la capacité actuelle.
● Néanmoins, cette hausse pourrait être altérée par l'augmentation des températures, qui a un impact négatif sur les systèmes photovoltaïques, et par les dommages causés par des phénomènes météorologiques extrêmes.

La production d'énergie éolienne pourrait être touchée de manière négative au cours des prochaines décennies à cause du changement climatique.

Les changements prévus dans le schéma des vents et la réduction attendue de leur vitesse moyenne en surface (jusqu'à 9 % plus lents) pourraient réduire le potentiel de production d'énergie éolienne d'environ -1 MWh/jour par rapport aux valeurs actuelles au cours de ce siècle.

Il est prévisible que la demande énergétique saisonnière varie considérablement au cours des prochaines années en raison de l'augmentation des températures moyennes et des vagues de chaleur.

Les hivers de plus en plus doux et les étés plus chauds, marqués par des vagues de chaleur, ont provoqué des changements au niveau de la structure de la demande énergétique de chauffage et de climatisation.

- Il est très probable que, au cours des prochaines années, la demande énergétique augmente afin de satisfaire les besoins croissants de refroidissement en été (pics de demande).
- En outre, cette augmentation de la demande pourrait coïncider avec le moment auquel la capacité de génération d'énergie hydroélectrique est la plus faible à cause des sécheresses typiques des mois d'été et de la demande croissante en eau pour d'autres usages (agriculture et consommation humaine).
- Si les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes et intenses, comme les principaux modèles le prévoient, les pics de demande durant l'été pourraient s'aggraver et générer des problèmes d'approvisionnement et des conflits au sein du secteur agricole.

Les infrastructures de production et de transport d'énergie pourraient être touchées par l'augmentation prévue des risques naturels.



La plupart des infrastructures énergétiques et des systèmes de transmission et de transformation de l'énergie sur les deux versants des Pyrénées sont particulièrement exposés aux risques climatiques et aux risques naturels provoqués ou renforcés par ceux-ci.

RECOMMANDATIONS:

- Diversifier les sources d'énergie en donnant la priorité aux sources d'énergie renouvelables.
- Promouvoir la transition à un modèle de production d'énergie renouvelable et décentralisé afin de remplacer le modèle de production centralisée actuelle.
- Optimiser l'utilisation des ressources hydriques dans la production d'énergie hydroélectrique et thermoélectrique.
- Adapter la gestion du secteur énergétique aux éventuelles variations de la demande.
- Promouvoir l'utilisation rationnelle de l'énergie dans tous les secteurs socio-économiques des Pyrénées, plus particulièrement durant les pics d'affluence touristique.
- Approfondir sur les potentielles limitations du système énergétique actuel face aux enjeux climatiques.
- Garantir une bonne capacité de réponse et de récupération du réseau de distribution face aux phénomènes climatiques extrêmes.

5.4 Les risques naturels



Lac de Gerbert, Pyrénées

Il est fort probable que les Pyrénées subissent une augmentation des phénomènes météorologiques extrêmes.

Bien que l'évolution la mieux documentée soit celle sur les vagues de chaleur, il est très probable que les sécheresses, les pluies intenses et les vagues de froid augmentent aussi de fréquence et d'intensité durant les prochaines décennies, tandis que les grêles augmenteront uniquement en intensité.

Le réchauffement planétaire pourrait avoir de l'influence sur la fréquence et l'intensité des inondations et des crues.



Le changement subi par les précipitations, combiné avec l'avancement dans le calendrier du dégel printanier, pourraient provoquer une hausse du nombre d'inondations tout comme une augmentation de leur intensité dans les décennies á venir. Bien qu'il soit vrai qu'aucune tendance claire ne se dégage pour tout le territoire, étant donné que la quantité de facteurs en jeu, et plus particulièrement l'augmentation du couvert forestier et les changements au niveau de l'utilisation des sols, pourrait masquer cette tendance.

- Au cours des dernières décennies, les inondations revêtant un caractère « extraordinaire » ont été plus fréquentes dans la plupart des Pyrénées, bien que les dommages provoqués par celles-ci aient été moindres, grâce aux efforts déployés pour diminuer les niveaux d'exposition.
- À cause du processus continu de dépopulation rurale et de l'augmentation du couvert forestier, il est très probable que, à l'avenir, la problématique touche surtout certaines zones touristiques concrètes des Pyrénées.

La plus grande variabilité du climat découlant du changement climatique pourrait entraîner une plus grande fréquence de phénomènes de type glissements de terrain, éboulements et avalanches.



Il est prévisible que des phénomènes naturels, provoqués en général par des facteurs météo-climatiques (températures élevées, précipitations intenses) soient plus fréquents à l'avenir.

- L'augmentation des températures et les vagues de chaleur ont provoqué une augmentation des phénomènes de types éboulements, avalanches, ainsi que glissements de terrain.
- Dans certaines zones des Pyrénées, il y a eu une augmentation du nombre d'avalanches de grande ampleur ces dernières années.
- Toutefois, il s'avère toujours compliqué de définir avec exactitude le rapport entre l'intensité des précipitations ou l'augmentation des températures et la hausse de phénomènes tels que les éboulements, les glissements de terrain ou les affaissements.

L'augmentation des températures moyennes pourrait provoquer une hausse des risques liés à l'accélération du processus de dégradation des glaciers et du pergélisol.

Il est probable que le réchauffement planétaire altère la dynamique du pergélisol et des glaciers des Pyrénées, en en altérant la stabilité. Cela pourrait augmenter le risque que davantage de phénomènes potentiellement dangereux, comme les éboulements ou les glissements de terrain, se produisent et plus particulièrement dans les zones avec des pentes raides.

- Une augmentation des glissements de terrain a été détectée ces dernières années sur le versant nord-ouest du pic Longue, ou Vignemale. Elle est associée à une détérioration du pergélisol (terres gelées en permanence), certainement due aux processus de dégradation causés par les hautes températures.

RECOMMANDATIONS:

- Développer des études de caractérisation locale des risques naturels qui incorporent, dans la mesure du possible, les projections du climat à venir (ex. remplacer les valeurs de référence actuelles par d'autres qui incluent la possible évolution climatique dans les modèles de calcul de risques).
- Donner la priorité à la sélection des mesures « fortes » dans le sens où elles s'avèrent efficaces afin de réduire la vulnérabilité aux risques naturels, dont les résultats seraient positifs, indépendamment de l'évolution du climat et des incertitudes (ex. combiner des solutions fondées sur la nature au moyen de mesures structurelles et de mesures de gestion).
- Améliorer la connaissance de l'impact du changement climatique sur les désastres naturels et, en particulier : réaliser un inventaire des mesures existantes pour la prévention des inondations, élaborer des cartes de risques naturels, créer des outils d'aide à la prise de décisions, tout en intégrant les projections climatiques.
- Maintenir et optimiser les actuels systèmes de suivi des différents dangers naturels, de sorte qu'ils permettent un meilleur contrôle dans les zones situées en altitude et/ou difficilement accessibles, en promouvant en outre la coopération transfrontalière pour mutualiser les efforts visant l'obtention de données et leur traitement.

6. Les conclusions : les 10 enjeux du changement climatique dans les Pyrénées

1. Préparer la population à faire face aux phénomènes climatiques extrêmes

Au cours des dernières décennies, l'Europe a souffert une augmentation de la fréquence et de l'intensité des vagues de chaleur sans précédent. C'est surtout dans les villes qu'une augmentation considérable de la mortalité liée à ce phénomène extrême, en conséquence de l'effet d'îlot de chaleur urbain, a été enregistrée. Selon l'UE, durant les vagues de chaleur de l'été 2003 en Europe, environ 70 000 morts prématurées associées au stress thermique se sont produites. La communauté scientifique s'accorde sur le fait que les phénomènes climatiques extrêmes, tels que des pluies torrentielles, des sécheresses sévères, des vagues de chaleur et des vagues de froid, augmenteront au cours de ce siècle. Bien que les zones de montagne comme les Pyrénées, plus fraîches et moins peuplées, aient été moins touchées jusqu'à présent, il est probable que les canicules aient une plus grande répercussion à l'avenir. Cela pourrait non seulement affecter la santé de leurs habitants, mais cela pourrait aussi avoir une influence potentielle sur le secteur énergétique (pics de demande de refroidissement), l'agropastoralisme de montagne (qualité et productivité des pâturages), l'état de santé des écosystèmes les plus sensibles, voire sur le tourisme.

2. Augmenter la sécurité face aux risques naturels

Les précipitations ont également subi des changements au cours de ces dernières décennies, se traduisant par une hausse des précipitations intenses et des sécheresses. La possible augmentation future des pluies particulièrement intenses, combinée à l'avancement du dégel printanier pourrait entraîner une augmentation du risque d'inondations, de crues et de glissements de terrain, surtout à la fin de l'hiver et au début du printemps.

Entre 2010 et 2016, les pertes annuelles moyennes en Europe se sont élevées à 12 800 millions d'euros et ont représenté environ 83 % des pertes monétaires dans les États membres de l'UE. 77 inondations sont survenues en Catalogne entre 1981 et 2015. 23 % d'entre elles ont été catastrophiques et 51 % ont été « extraordinaires », entraînant le décès de 100 personnes en tout. En parallèle, 97 phénomènes catastrophiques sont survenus entre 1981 et 2010 dans les régions de l'Occitanie et de la Nouvelle-Aquitaine, entraînant 94 décès en tout. En Andorre, des inondations extraordinaires se sont produites en 1907, en octobre 1937 et en novembre 1982. Cette dernière a entraîné le décès d'êtres humains. D'autre part, l'accélération des processus de déglaciation et la fonte de sols gelés en permanence (pergélisol), pourraient augmenter les situations de risque en haute montagne : des zones qui ont été stables jusqu'à présent pourraient devenir de plus en plus instables et susceptibles de connaître des phénomènes potentiellement calamiteux, tels que des effondrements, des affaissements, des avalanches mixtes et des glissements de terrain sur les versants les plus inclinés. Ces phénomènes peuvent mettre en danger certains sites touristiques, centres urbains et d'autres infrastructures (transport, énergie ou ski), en particulier dans les vallées de haute montagne. En association avec les sécheresses et les vagues de chaleur, la fréquence et l'intensité des incendies de forêts pourraient augmenter, avec des impacts potentiels sur la santé, les écosystèmes forestiers et les infrastructures.

3. Accompagner les acteurs du territoire pour affronter la pénurie d'eau et les sécheresses

Les principaux modèles climatiques prévoient une augmentation de l'intensité et de la fréquence des sécheresses au cours des prochaines décennies. Il est prévisible que le changement climatique ait une influence sur les ressources hydriques des Pyrénées, en termes d'approvisionnement (quantité et qualité) comme du point de vue de la demande (besoins en eau)

Des baisses importantes des débits annuels et saisonniers ont été détectées dans les bassins de l'Èbre et de la Garonne. D'autre part, la future recharge et décharge des aquifères pourrait diminuer sensiblement. Ces phénomènes affecteraient logiquement la disponibilité des ressources en eau (superficielles et souterraines), ainsi que leur qualité.Les crises hydriques touchent plusieurs secteurs socio-économiques et biophysiques en même temps, entraînant des impacts sur l'agriculture et l'agropastoralisme (une disponibilité hydrique moindre pour l'arrosage, une productivité et une qualité du fourrage moindres), sur la production l'électricité hydroélectrique (réservoirs hydroélectriques), sur le développement du tourisme (restrictions hydriques) et sur la santé des écosystèmes.

4. Garantir la qualité des eaux superficielles et souterraines

Le changement climatique et les changements au niveau de l'utilisation des sols ont touché, et toucheront à l'avenir, les débits des cours d'eau des Pyrénées et la qualité de leurs eaux. Les sécheresses et les périodes d'étiage réduisent le facteur de dilution des polluants qui arrivent dans les cours d'eau, entraînant une augmentation de la concentration de polluants et la détérioration de la qualité de l'eau. D'autre part, les inondations stimulent le déplacement et la remobilisation de polluants contenus dans les sédiments. L'augmentation des températures, en synergie avec la plus grande concentration de polluants, altère souvent les processus chimiques et biologiques intervenant dans la qualité de l'eau, en ayant un impact négatif sur les communautés biologiques. Les changements au niveau des précipitations et des phénomènes climatiques extrêmes pourraient également influencer négativement la qualité de l'eau souterraine, ainsi que le processus de recharge des nappes.

5. Maintenir l'attrait touristique des Pyrénées

Le changement climatique pourrait jouer un rôle décisif dans la détermination des conditions nécessaires à la pratique de certaines activités touristiques dans les Pyrénées. En particulier, la plus grande variabilité de l'épaisseur et de la durée du manteau neigeux pourrait représenter un enjeu pour les saisons de ski alpin, qui devront s'adapter afin de maintenir les stations en marche et garantir la durabilité de leur activité. D'autre part, le changement climatique est en train de causer des altérations environnementales ayant des effets contextuels négatifs sur certains environnements pyrénéens. En particulier, des aspects comme la présence ou non de certaines espèces de faune et de flore emblématique, la qualité des écosystèmes et l'état des formations naturelles iconographiques, telles que les glaciers, pourraient être touchés par le changement climatique, débouchant sur une perte d'intérêt touristique. D'autre part, l'augmentation des températures pourrait toucher de manière positive le tourisme de montagne, en allongeant la saison et en favorisant le choix de destinations de montagne relativement fraîches, au détriment des zones de soleil et de plage.

6. Faire face aux changements au niveau de la productivité et de la qualité des cultures et saisir les opportunités émergentes

Le raccourcissement de la période de gelées et l'augmentation des températures moyennes pourraient favoriser l'expansion de cultures non habituelles dans les Pyrénées, comme les cultures d'environnement méditerranéen ou celles d'origine subtropicale. Par contre, d'autres cultures, principalement les cultures non irriguées, pourraient voir leur zone de distribution potentielle restreinte à cause d'une plus grande variabilité des précipitations et de l'augmentation des températures extrêmes.Le plus grand stress hydrique et thermique subi par les cultures, la perte de terres agricoles en raison de la hausse des risques hydrologies et le plus grand risque de propagation de vermines, pourrait limiter la productivité de certaines cultures, de façon variable selon les zones. D'autre part, la plus grande fréquence et la plus forte intensité des sécheresses et des vagues de chaleur pourraient toucher l'élevage extensif par le biais des changements au niveau de la composition et de la productivité du fourrage, tandis que le stress thermique subi pourrait avoir un impact sur l'état de santé du bétail dans les exploitations intensives de moyenne montagne.

7. Prévoir des changements irréversibles du paysage

Le changement climatique est en train d'accélérer le processus de dégradation de certains paysages iconographiques comme les glaciers, les lacs et les tourbières de haute montagne. Cela, ajouté à d'autres changements environnementaux au niveau de la répartition de certaines espèces d'animaux, de forêts et de végétation alpine, agit souvent en synergie avec l'action humaine, comme les changements au niveau de l'utilisation des sols, générant des altérations sur les paysages typiquement pyrénéens, qui sont souvent irréversibles.

8. Envisager l'éventuelle perte de biodiversité et les modifications des écosystèmes

Les écosystèmes pyrénéens, qui se caractérisent par une grande richesse d'espèces endémiques avec des intervalles de répartition étroits, des conditions spécifiques en matière d'habitat et des capacités de dispersion limitées, sont particulièrement vulnérables aux variations des conditions climatiques. Le changement climatique favorise la perte de biodiversité et l'extinction d'espèces par le biais de changements dans la physiologie et la phénologie des plantes et des animaux, des changements au niveau de la durée

de la saison de croissance, des changements dans la répartition des populations et l'augmentation du risque de dissémination d'espèces exotiques. L'action combinée des impacts anthropiques et des impacts du changement climatique peuvent entraîner la modification de certains processus écologiques essentiels dans les écosystèmes de haute montagne, ce qui pourrait limiter leur capacité à fournir des biens et des services, ainsi que compromettre leur propre durabilité à long terme.

9. S'adapter aux déséquilibres entr l'offre et la demande énergétique

L'augmentation de la variabilité au niveau de la répartition spatio-temporelle des précipitations, la réduction du débit des cours d'eau et les modifications dans le calendrier du dégel, pourraient avoir un impact négatif sur la capacité de production hydroélectrique dans les Pyrénées. Concernant la demande, il est prévisible que le changement climatique ait des répercussions sur sa structure au fil des saisons : l'augmentation des températures pourrait faire baisser la demande d'énergie pour le chauffage en hiver et en automne. Néanmoins, une augmentation significative de la demande énergétique moyenne en été est prévisible, pour répondre aux besoins grandissants d'énergie pour l'acclimatation des logements, à cause des étés de plus en plus chauds et des vagues de chaleur plus fréquentes et intenses.

10 Faire face à la plus grande propagation de maladies, de vermines et d'espèces envahissantes

Les interactions entre les plantes et leurs ennemis naturels sont influencées par les conditions climatiques et, en grande partie, par les températures. L'éventuelle modification des zones de répartition de certaines cultures et la plus grande vulnérabilité de celles-ci à cause du stress climatique subi peuvent entraîner la modification des schémas de répartition et de propagation des maladies les plus courantes, ainsi qu'un plus grand risque de propagation de maladies émergentes et rares jusqu'à présent. D'autre part, le changement climatique pourrait favoriser l'établissement de nouvelles espèces exotiques dans les Pyrénées, en facilitant leur transport et leur peuplement ultérieur grâce à l'établissement de conditions climatiques favorables. Étant donné que les espèces exotiques envahissantes sont, en général, opportunistes et généralistes, elles ont tendance à mieux s'adapter aux variations climatiques rapides par rapport à la plupart des espèces autochtones. En outre, l'augmentation des températures déplace les barrières climatiques vers de plus grandes altitudes, en augmentant la probabilité que de nouvelles invasions se produisent (de plantes plus particulièrement), et que certaines espèces déjà présentes s'installent.

Collaborateurs

Comité technique et Comité exécutif de la CTP















Comité coordination et partenaires du projet OPCC2















Avec le soutien de

















Ce rapport a été réalisé dans le cadre du projet OPCC2 par initiative de la Communauté du Travail des Pyrénées. Le projet OPCC2 est associé aux projets CLIMPY, FLORAPYR, REPLIM, CANOPEE et PIRAGUA. Tous ces projets sont cofinancés par le Fons Européen de Développement Régional, FEDER, à travers le programme POCTEFA 2014-2020.

Téléchargez le rapport complet et le résumé exécutif en ES, FR, CAT ou EN sur le portail d'information de l'Observatoire Pyrénéen du Changement Climatique : https://opcc-ctp.org/